Energy Innovators Initiative

Technical Fact Sheet

Use of Variable Frequency Drives for Fan and Pump Control

Description

In the past 10 years, variable speed control for fans, pumps, chillers and HVAC systems has become an affordable way to save energy, thanks to advances in microelectronics and control technology. Initially, utility companies introduced incentives to make it practical to switch from fixed speed and flow-throttling controls to variable frequency drives (VFDs) (Figure 1). Since then, more building designs have been specifying VFDs, and many building HVAC retrofits can become more cost-effective by replacing flow controls with VFDs at installed costs as low as $250 per kilowatt. Naturally, the process must be carefully studied to ensure that the application will be successful.

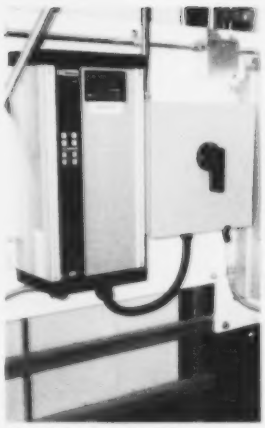

Figure 1 – Typical Variable Frequency Drive Control Panel

Technical Specifications

Drive Specification – VFDs operate by converting the incoming AC power to a DC signal and then re-transmitting the power signal to the motor at varying frequencies and voltages. VFDs can operate rotating equipment at speeds ranging from nearly 0 RPM to as high as 150 percent of the rated speed for the motor. The use of a frequency drive requires installing high-efficiency Class F insulated motors that can withstand the variations in voltage and current flux.

Applications – Some good applications include 1) replacing outlet dampers or variable inlet vanes (VIVs) in supply fan systems controlling variable air volume (VAV) boxes; 2) controlling air supply to multiple zones by adding a VFD and isolation dampers in zones with different occupancy and operating schedules; and 3) controlling pump speed by maintaining a pressure setpoint. Other advantages of variable frequency drives include less wear on the motor due to reduced speed and torque, gentler starting through gradual acceleration, and fewer moving parts (i.e., no damper or inlet vanes to wear out). Figure 2 shows a typical fan application requiring two VFDs with pressure control feedback.

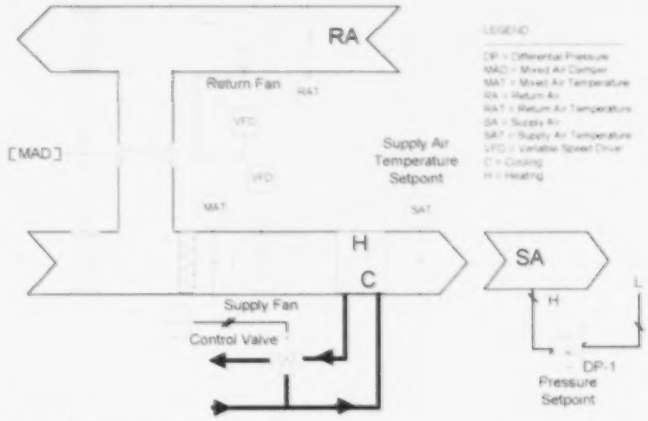

Figure 2 – Schematic of VFD Installation

Energy Information

The real energy savings from variable frequency drives come from the basic laws of fan and pump operation. Theoretically, fan power input will drop according to the cube of the flow rate (load). This is illustrated in the equation below:

$$W_2 = W_1 \times \left(Q_2/Q_1\right)^3$$

Natural Resources Canada | Ressources naturelles Canada

Canada

106-03657/

As an example, if the Power (W_1) is at 100 percent flow (Q_1) and the flow is reduced to 80 percent, the new Power (W_2) will be $W_1 \times (0.8)^3 = 0.51$ or 51 percent.

When a fan is throttled back by an inlet vane, the power drops along with the flow rate to a certain value. However, the poor inlet or outlet conditions cause fan performance to suffer, motor efficiency drops as the load is removed, and power savings are reduced (Figure 3). In the case of a VFD, the motor and fan speed are reduced and the losses are much smaller, approaching that of the ideal case.

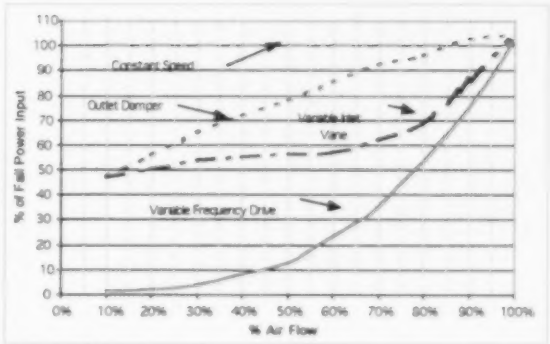

Figure 3 – Energy Comparison

Comparison

Figure 3 illustrates the difference in power consumption of a typical VFD compared to three common retrofit applications, including VIV control, outlet damper control and constant speed. To estimate the energy savings from a VFD installation, the duty cycle of the equipment must be established. For example, if a fan system was off for eight hours per day, and operated for eight hours at 50 percent flow, six hours at 80 percent flow and two hours at 100 percent flow, the power saving from VFD control would be 40 percent over an inlet vane and 55 percent over outlet damper control.

Case Study

In 1997, a Bank of Montreal building in Vancouver, British Columbia, retrofitted its HVAC systems as part of a building upgrade. The building's previous main air system consisted of a 75-hp supply fan and a 40-hp return fan, which provided air for variable and constant volume mixing, and heating boxes that provided heating and cooling to various zones. The fan was fitted with VIVs, which modulated to maintain the pressure in the system. The retrofit consisted of replacing the fan motors with a 50-hp supply and a 25-hp return, and installing a variable frequency drive in place of the inlet vanes. Based on the 24-hour duty cycle of operation shown in Table 1, the new system saves an estimated $6,294 per year based on 1997 rates, with a simple payback period of three years.

Table 1 – Savings Estimate for Bank of Montreal VFD Installation

INPUT DATA		DUTY CYCLE	
		Percent Flow	Hours/Day
Energy Rate	$0.05/kWh	0%	8
Capital Cost	$18,750	60%	4
Rated Power	50+25 hp	80%	6
Operation	365 days/yr	100%	6

Payback Summary		
	VFD	VIV
Monthly Cost	$1,096	$1,422
Yearly Cost	$10,472	$16,766
Monthly Savings		$517
Yearly Savings		$6,294
Payback Period (years)		3.0
Return on Investment		34%

For more information, contact

Energy Innovators Initiative, Office of Energy Efficiency, Natural Resources Canada, 580 Booth Street, 18th Floor, Ottawa ON K1A 0E4
Tel.: (613) 995-6950 • **Fax:** (613) 947-4121 • **Web site:** http://oee.nrcan.gc.ca/eii

Leading Canadians to Energy Efficiency at Home, at Work and on the Road

The Office of Energy Efficiency of Natural Resources Canada strengthens and expands Canada's commitment to energy efficiency in order to help address the challenges of climate change.

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2002
Cat. No. M92-242/2002-11E ISBN 0-662-31590-1
(Aussi disponible en français)

Recycled paper

Initiative des Innovateurs énergétiques

Fiche technique

Utilisation de variateurs de vitesse pour les ventilateurs et les pompes

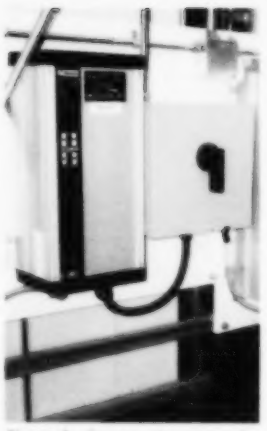

Figure 1 – Panneau de commande de mécanismes d'entraînement à fréquence variable

Description

Au cours des dix dernières années, les innovations technologiques dans le domaine de la microélectronique et des dispositifs de commande ont permis l'introduction sur le marché d'équipements permettant d'économiser de l'énergie en réglant la vitesse des ventilateurs, pompes et refroidisseurs, et ce, à des prix abordables : les variateurs de vitesse. Jusqu'à tout récemment, les entreprises de services publics offraient des mesures incitatives en faveur du remplacement de commandes de vitesse fixe et d'étranglement du débit par des mécanismes d'entraînement à fréquence variable (voir figure 1). Depuis peu, on intègre ces mécanismes presque systématiquement aux nouveaux projets de construction. On peut noter que, dans plusieurs projets de rénovation d'équipements de CVC, le coût de remplacement de l'équipement original (régulateur de débit d'air ou d'eau) par des variateurs de vitesse est de l'ordre de 250 $/kW. Dans chaque cas par contre, une analyse exhaustive doit être effectuée afin d'assurer la rentabilité de l'option.

Spécifications techniques

Spécifications des mécanismes d'entraînement – Les mécanismes d'entraînement à fréquence variable fonctionnent en convertissant la tension alternative (redresseur) du réseau en tension continue, puis en retransmettant ce signal au moteur selon des fréquences et des tensions variables (onduleur). Ils peuvent faire tourner l'équipement rotatif à des vitesses variant de 0 tr/min jusqu'à 150 p. 100 de la vitesse nominale du moteur. L'utilisation de ces mécanismes d'entraînement à fréquence variable exige l'installation de moteurs isolés à haut rendement de classe F qui peuvent supporter les variations de tension et de flux de courant.

Applications – Parmi les applications particulièrement adéquates, citons : 1) le remplacement des volets de sortie ou des aubes directrices d'entrée orientables (ADEO) [vannes d'entrée modulantes] dans les systèmes de ventilation à débit d'air variable; 2) la régulation de l'admission d'air dans les systèmes multizones en ajoutant un mécanisme d'entraînement à fréquence variable et des volets d'isolation dans les zones dont le taux d'occupation et les horaires d'utilisation sont variables; 3) la régulation du débit des pompes en maintenant un niveau de pression prédéterminé. Ces mécanismes d'entraînement à fréquence variable présentent d'autres avantages, notamment une usure moindre du moteur due à une vitesse et à un couple réduits, un démarrage plus doux en raison d'une accélération graduelle et moins de pièces mobiles (p. ex., pas de volet ou d'aube directrice qui pourraient s'user). La figure 2 illustre le schéma d'une application de ventilateur requérant deux mécanismes d'entraînement à fréquence variable qui fournissent les données de régulation de pression.

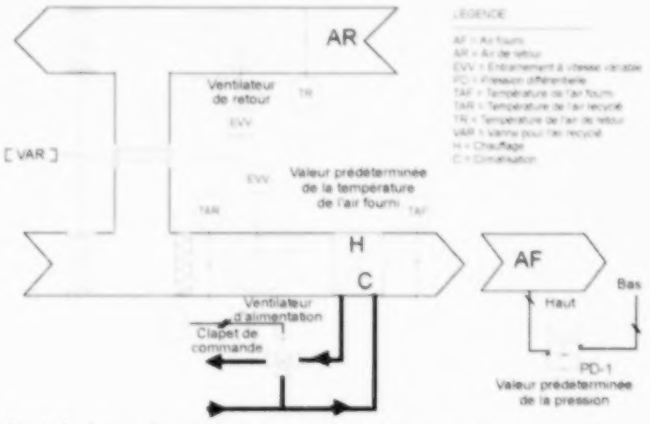

Figure 2 – Schéma d'une application de mécanisme d'entraînement à fréquence variable

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada
Canada

Information sur l'énergie

Les économies d'énergie réelles générées par les mécanismes d'entraînement à fréquence variable sont calculées à partir des lois fondamentales régissant le fonctionnement des ventilateurs et des pompes. En théorie, la puissance d'entrée du ventilateur chute en fonction du rapport de débit (charge) à la puissance 3. Cela est illustré par l'équation ci-dessous :

$$W_2 = W_1 \times \left(Q_2/Q_1\right)^3$$

À titre d'exemple, si la puissance (W_1) est à un débit de 100 p. 100 (Q_1) et si le débit est réduit à 80 p. 100, la nouvelle puissance (W_2) sera égale à W_1 x $(0,8)^3 = 0,51$ ou 51 p. 100.

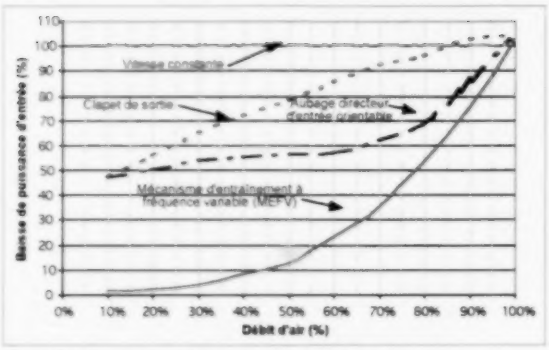

Figure 3 – Comparaison de la consommation d'énergie

Pour un ventilateur ralenti par des aubes directrices (restriction), la puissance ainsi que le débit chutent jusqu'à une certaine valeur. Cependant, les conditions médiocres d'entrée et de sortie d'air altèrent de façon négative le rendement du ventilateur, entraînant une diminution du rendement du moteur due à la suppression de la charge et une réduction des économies d'énergie (voir figure 3). Dans le cas d'un mécanisme d'entraînement à fréquence variable, la vitesse du moteur et celle du ventilateur sont réduites et les pertes sont nettement moindres.

Comparaison

La figure 3 illustre la différence de consommation d'énergie pour un mécanisme d'entraînement à fréquence variable classique en comparaison avec trois applications courantes, notamment la commande d'aubes directrices d'entrée orientable, la commande de vannes de sortie et la vitesse constante. Pour calculer les économies d'énergie d'une installation de mécanisme d'entraînement à fréquence variable (MEFV), le cycle de travail de l'appareil doit être établi. Par exemple, si un ventilateur est arrêté huit heures par jour, puis fonctionne huit heures à un débit de 50 p. 100, six heures à un débit de 80 p. 100 et deux heures à un débit de 100 p. 100, les économies d'énergie découlant de la commande du MEFV seront de 40 p. 100 par rapport à un système ralenti par des aubes directrices et de 55 p. 100 par rapport à une commande de vanne de sortie.

Étude de cas

En 1997, des travaux de réfection ont été effectués relativement aux systèmes de CVC dans un établissement de la Banque de Montréal, à Vancouver, en Colombie-Britannique, dans le cadre du projet de rénovation d'un de ses bâtiments. Le système de ventilation du bâtiment comprenait un ventilateur d'alimentation de 75 cv et un ventilateur de retour de 40 cv qui fournissaient l'air requis à des boîtes de fin de course à volume constant et variable avec réchauffage terminal. Le système était équipé d'aubes directrices d'entrées orientables qui modulaient le débit d'air de manière à maintenir une pression constante dans le réseau de distribution d'air. La réfection du système a consisté à remplacer le moteur du ventilateur d'alimentation par un moteur de 50 cv et celui du ventilateur de retour par un moteur de 25 cv. Un variateur de vitesse à fréquence variable a été installé en remplacement des aubes directrices. En se basant sur une période de fonctionnement continue de 24 heures par jour, comme indiqué au tableau 1, on estime que le nouveau système permet d'économiser 6 294 $ par an en fonction des tarifs en vigueur en 1997, ayant ainsi une période de récupération simple de trois ans.

Tableau 1 – Estimation des économies découlant de l'installation de MEFV à la Banque de Montréal

Installation

DONNÉES D'ENTRÉE		CYCLE DE TRAVAIL	
		Débit (%)	Heures/jour
Tarif de l'énergie	0,05 $/kWh	0 %	8
Coût en capital	18 750 $	60 %	4
Puissance nominale	50 + 25 cv	80 %	6
Exploitation	365 jours/an	100 %	6

Sommaire de la période de récupération

	MEFV	ADEO
Coût mensuel	1 096 $	1 422 $
Coût annuel	10 472 $	16 766 $
Économies mensuelles		517 $
Économies annuelles		6 294 $
Période de récupération (années)		3,0
Rendement du capital investi		34 %

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez vous adresser à :

Initiative des Innovateurs énergétiques, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada, 580, rue Booth, 18e étage, Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : (613) 995-6950 • **Téléc. :** (613) 947-4121 • **Site Web :** http://oee.rncan.gc.ca/iie

Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique à la maison, au travail et sur la route

L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada renforce et élargit l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique afin d'aider à relever les défis posés par les changements climatiques.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2002

N° de cat. M92-242/2002-11F ISBN 0-662-86664-9
(Also available in English)